

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 57-064704

(43)Date of publication of application : 20.04.1982

(51)Int.Cl.

G02B 5/14
G02B 5/30

(21)Application number : 55-141034

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP

<NTT>

(22)Date of filing : 08.10.1980

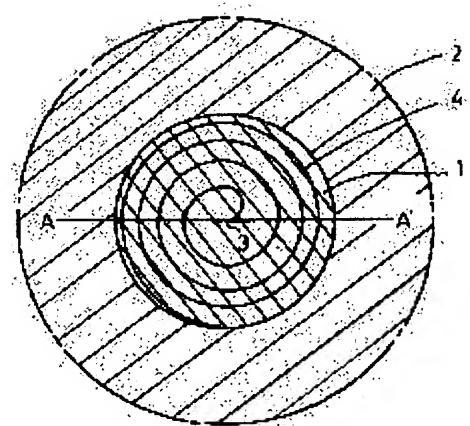
(72)Inventor : OKAMOTO KATSUNARI
HOSAKA TOSHITO
MIYA TETSUO
SASAKI YUTAKA
TAKADA HISAO

(54) ELEMENT FOR CONVERTING PLANE OF POLARIZATION

(57)Abstract:

PURPOSE: To convert polarizing status simply by forming a spiral part with a high refractive index in a core so that both centers consist with each other and twisting the spiral part toward the center of the core in the longitudinal direction of the core.

CONSTITUTION: Like an ordinal optical fiber, the entitled element is constituted by a core 1 in the center and a clad 2 in the periphery and a spiral part with a high refractive index is formed so as to give the optical fiber multiple refractive indexes. The same effect as the twisting of the optical fiber with multiple refractive indexes itself is obtained by rotating a spiral part 4 with high refractive index centering around the center of the core along the longitudinal direction of the optical fiber and the incident straight polarization is projected after turning the polarizing direction. The cnverting element for plane of polarization with these constitution can be used together with the optical fiber by connecting them directly.



⑯ 日本国特許庁 (JP) ⑯ 特許出願公開
 ⑰ 公開特許公報 (A) 昭57-64704

Int. Cl.³
 G 02 B 5/14
 5/30

識別記号
 7529-2H
 6791-2H

⑯公開 昭和57年(1982)4月20日
 発明の数 1
 審査請求 未請求
 (全 4 頁)

⑯偏波面変換素子

⑯特 願 昭55-141034
 ⑯出 願 昭55(1980)10月8日
 ⑯発明者 岡本勝就
 茨城県那珂郡東海村大字白方字
 白根162番地日本電信電話公社
 茨城電気通信研究所内
 ⑯発明者 保坂敏人
 茨城県那珂郡東海村大字白方字
 白根162番地日本電信電話公社
 茨城電気通信研究所内
 ⑯発明者 宮哲雄

茨城県那珂郡東海村大字白方字
 白根162番地日本電信電話公社
 茨城電気通信研究所内
 ⑯発明者 佐々木豊
 茨城県那珂郡東海村大字白方字
 白根162番地日本電信電話公社
 茨城電気通信研究所内
 ⑯発明者 高田久夫
 茨城県那珂郡東海村大字白方字
 白根162番地日本電信電話公社
 茨城電気通信研究所内
 ⑯出願人 日本電信電話公社
 ⑯代理人 弁理士 草野卓

明細書

1. 発明の名称

偏波面変換素子

2. 特許請求の範囲

(1) コア及びその周辺のクラッドよりなる光ファイバ状に構成され、上記コア内にその中心を中心として、その部分よりも屈折率が高い部分がらせん状に形成され、そのらせん状高屈折率部がコアの逆手方向においてコアの中心を中心になじられていることを特徴とする偏波面変換素子。

3. 発明の詳細な説明

この発明はコヒーレント光伝送方式において、伝搬する光の偏光度及び偏光方向を任意に変換する偏波面変換素子に関するものである。

光線に垂直な平面上に直交座標 x , y をとり、光のベクトルのそれぞれの成分を E_x , E_y とすれば、一般に

$$E_x = a_1 \cos(\omega t - \delta_1) \quad (1)$$

$$E_y = a_2 \cos(\omega t - \delta_2) \quad (2)$$

と書ける。 ω は光の角周波数、 t は時間、 a_1 , a_2 は位相、 a_1 , a_2 は振幅である。 $\delta_1 = \delta_2$ であればベクトルが座標軸となす角は時間に関係なく一定で直線偏光である。一般には $\delta_1 \neq \delta_2$ であり、ベクトルは時間とともに大きさ、方向を変える。ベクトルの先端の曲く軌跡は式(1), (2)から t を消去して、

$$\left(\frac{E_x}{a_1}\right)^2 + \left(\frac{E_y}{a_2}\right)^2 - 2 \frac{E_x}{a_1} \frac{E_y}{a_2} \cos \delta = \sin^2 \delta \quad (3)$$

となる。たゞし

$$\delta = \delta_1 - \delta_2 \quad (4)$$

である。これは一般に梢円を表わすので、これを梢円偏光という。二つの成分の間の位相差及び振幅比が特別な値をとれば、それぞれ特別な場合として円偏光及び直線偏光となる。

光の偏波を利用するコヒーレント光伝送方式
 (大越、"光ヘテロダインもしくは光ホモダイン
 型周波数多重光ファイバ通信の可能性と問題点の
 検討"光量エレ研資料 vol.0QE78-139, P.

61, 1978) や光集積回路 (S.E. Miller, "Integrated Optics : An introduction", Bell. Syst. Tech. Jour., vol. 48, no. 7, P. 2059, 1969) においては、偏光状態や偏光方向を変換する素子が必要である。従来この目的に用いられる偏波面変換素子で受動素子としては、電母板等の複屈折性結晶板を適当な厚さにし、直交する 2 つの偏光の間に生ずる光学的位相差を利用するものが知られている。その位相差が $\pi/2$ 及び π のものをそれぞれ $1/4$ 波長板、 $1/2$ 波長板と呼ぶ。これらの波長板を光ファイバ通信に用いる際には、光ファイバを伝搬する光を一旦レンズ系で外に出し、この 1 つのレンズと他のレンズとの間に波長板を挿入し、そのレンズ系の出射光を再び光ファイバに入射するという光学系にしなければならない。しかし、このような光学系では系全体を小型化できない、また振動やゴミ等の外的擾乱に弱い等の欠点がある。

一方、電気光学効果や磁気光学効果を利用した能動素子を用いて偏光状態を変化させたり、偏光

第 2 図に示すようになる。コア 1 の中心 3 から外方への半径を r として示すとおり、中心 3 から外側に進するまでに、コアの屈折率 n_1 よりもわずか高い屈折率 n_1' の部分を複数回通過してクラッド 2 の屈折率 n_2 になる。

この発明においては更にらせん状高屈折率部 4 はコア 1 の長手方向においてコアの中心 3 を中心にねじられている。また本実施例ではコア 1 の半径を a 、コアとクラッドの比屈折率差 Δ を

$$\Delta = \frac{(n_1^2 - n_2^2)}{2n_1^2} \quad (5)$$

光の波長を λ としたとき

$$r = \frac{2\pi}{\lambda} n_1 a \sqrt{2\Delta} \quad (6)$$

で定義される規格化周波数 ν が

$$\nu < 2.405 \quad (7)$$

を満足するように定められている。

この構成によれば偏光状態を変換する作用が得られることを以下に説明する。

特開昭57- 61704(2)

方向を変化させることも知られている (大原、吉澤、他、" 単一要素光ファイバの出力偏波複用用光回路 " 昭和 55 年電子通信学会全国大会、分冊 4, P. 4-134, 1980)。しかし、これらの能動素子を動作させるためには電圧、電流源を必要とし、材料としても LiNbO₃ や YIG を必要とするために、安価で簡便な偏光状態変換素子として用いることはできないという欠点がある。

この発明は従来のかかる欠点を排除する目的を有し、光ファイバと突き合わせ接続することにより簡便に偏光状態を変換させることができる偏波面変換素子を提供するものである。

以下、図面を参照してこの発明の詳細を説明する。第 1 図はこの発明の偏波面変換素子の断面図であり、通常の光ファイバと同様に中心部はコア 1、周辺部はクラッド 2 とされ、コア 1 の屈折率 n_1 はクラッド 2 の屈折率 n_2 よりも大とされている。この発明においてはコア 1 内に、その中心 3 を中心とするらせん状の高屈折率部 4 が形成される。即ちこの素子の直徑方向の屈折率分布 $n(r)$ は

第 1 図に示したこの実施例において $\Delta A'$ 方向に偏光した光の伝搬定数を β_1 、これと垂直の方向に偏光した光の伝搬定数を β_2 とすると、伝搬定数の差 $\Delta \beta$ ($= \beta_1 - \beta_2$) は

$$\Delta \beta = k \Delta \frac{d}{a} (n_1' - n_1) G(\nu) \quad (8)$$

と表わすことができる。ここで、 $k = 2\pi/\lambda$ 、 d はらせん状高屈折率部 4 の幅である。 $G(\nu)$ は第 3 図に示すような ν 依存性を示すことが計算機解析の結果得られた。

例えば、 $\nu = 2.3$ 、 $d/a = 0.3$ 、 $\Delta = 5 \times 10^{-4}$ 、 $n_1' - n_1 = (n_1 - n_2) \times 0.4$ 、 $\lambda = 0.85 \mu\text{m}$ のとき伝搬定数差は

$$\Delta \beta \approx 2.59 \quad (9)$$

となる。光ファイバの断面内の直交する 2 つの方向に偏光した光の伝搬定数が異なるとき、この差が最も大きくなる方向を複屈折性の主軸と呼ぶ。いま、直線偏光光の偏光方向を光ファイバの主軸に一致するように入射すると、直線偏光状態は保

存されたまま伝搬する (V.Ramaswamy et al, "Polarization Effects in Short Length,Single Mode Fibers" Bell.Syst.Tech.Jour.,vol.57 , no.3 , P. 635, 1978)。

一方、大越等 (大越、菊池、江村、 " 単一モード光ファイバの偏波面回転特性 " , 光通信エレクトロニクス、 1980 年 7 月) によつて示されるように、複屈折性光ファイバをねじつた場合 $\Delta\theta$ (しは光ファイバの長さ) が適当な値であれば直線偏光はねじりの角度に追随することが知られている。

この発明の素子の長さは第 4 図に示すように $L = 2 \text{ m}$ としてあり、この例では $\Delta\theta \cdot L = 5.6 \text{ (rad)}$ となつてゐる。また、コア内のらせん状高屈折率部 4 は先に述べたように導波路作製時に長手方向に回転するように作られており、この回転角は任意に制御できる。いま、第 4 図に示すように \mathbf{x} 軸方向に偏光した直線偏光の光を入射した場合、らせん状高屈折率部 4 の回転角 θ (rad) に応じて \mathbf{x} 軸と角度 θ の角に偏光した直線偏光が得られる。

つまり、この発明ではコア 1 内にらせん状高屈

折率部 4 を形成して、光ファイバを複屈折率性のものとし、そのらせん状高屈折率部 4 を光ファイバの長手方向に沿つてコア中心を中心に回転させることにより、複屈折率性の光ファイバ自体をねじつたと同様の効果を得て、入射直線偏光はその偏光方向が回転されて出射される。素子の長さ L が短かいが偏光の回転を大きくするには (8) 式より n_1' と n_2 の差を大とすればよいが、また第 3 図より規格化周波数 ν を選定して $G(\nu)$ を大にすればよい。なお高次モードが伝搬する場合は、そのすべてのモードについて伝搬定数の差 Δ を同一にする必要があり、そのようなことが比較的困難である場合は (7) 式を満足させて直交する偏波の 2 つのモードのみが伝搬可能なように、コア、クラッドの屈折率 n_1, n_2 及びコア径 a を選定すればよい。

以上説明したように、この発明の偏波面変換素子を用いれば、光ファイバと直結して使用することができ、コヒーレント光伝送方式における光の偏光方向の規制や偏波面依存性を有する光集積回路との結合に際して非常に大きな利点がある。ま

た受動素子であり、例えば光ファイバ母材の製造において出発材を引上げながら回転させ、その下端面に光ファイバ原材を堆積させる際に、らせん状高屈折率部 4 に対する不純物の放射ノズルを出発材の回転中心からずらして設けることにより、らせん状高屈折率部 4 を容易に形成することができる。つまり安価に多量生産することができる。かつ所望の特性のものを容易に得ることができる。

上述においてはこの発明をステップ形光ファイバに適用したが、コアの屈折率が漸次変化するクラッド形光ファイバに対しても、そのコア内にらせん状高屈折率部を設けてこの発明の素子を得ることもできる。

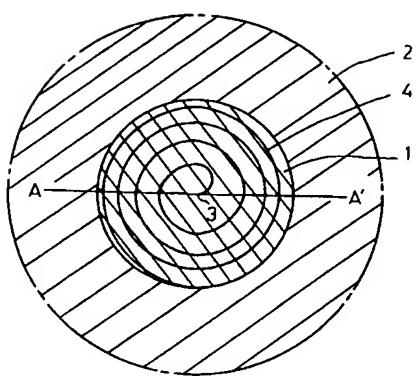
4. 図面の簡単な説明

第 1 図はこの発明による偏波面変換素子の実施例を示す断面図、第 2 図はその屈折率分布曲線図、第 3 図は規格化周波数 ν とらせん状高屈折率部を有する光導波路の複屈折性を換わる関数 $G(\nu)$ との関係を示す図、第 4 図はこの発明の偏波面変換素子に直線偏光の光を入射したときの光の伝搬の様

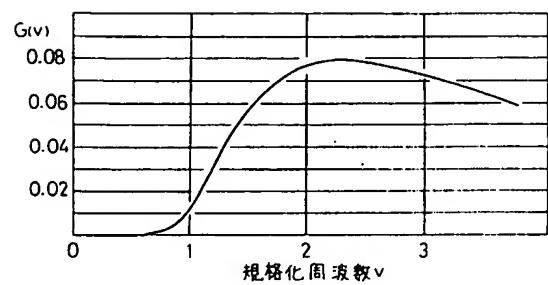
子を示す図である。

1 : コア、 2 : クラッド、 4 : らせん状高屈折率部。

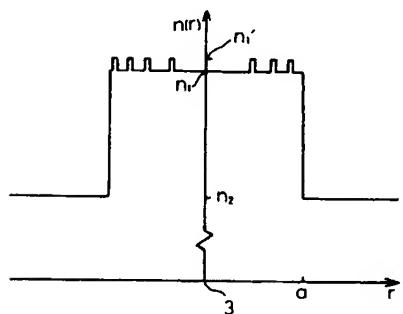
第1図



第3図



第2図



第4図

